

시멘틱 웹 기술을 이용한 개념도 평가 시스템의 설계 및 구현

박 옹 규*

Design and Implementation of a Concept Map Assessment System Using the Semantic Web Technologies

UngKyu Park *

요 약

최근 수십 년 동안 개념도는 의미 있는 교수 및 학습 도구로써 사용되어지고 있다. 많은 기존의 연구는 개념도가 학습자의 학습에 긍정적인 영향을 준다는 사실을 입증하였다. 그러나 기존 방법의 단점은 개념도를 평가하거나 학습자에게 피드백을 제공하는 과정이 평가자에 의해 수작업으로 이루어지도록 설계되어 있어 매우 시간 소모적인 작업이 된다는 것이다. 따라서 온라인 학습 활동을 통하여 개념도를 자동으로 처리하여 시간 복잡성을 줄이는 방법을 개발하는 것이 필요하다. 이미 기존 연구의 결과로써 오프라인 환경에서 개념도 평가를 위한 많은 점수 부여 방법이 제안되었다. 본 논문에서는 온라인 환경에 적합하도록 시멘틱 웹 기술을 적용하여 기존의 방법들을 효과적으로 구현한 자동화된 평가 시스템을 제시하였다. 본 논문을 통하여 시멘틱 웹 기술이 개념도의 효율적인 관리 및 자동화된 점수 부여를 위하여 이용될 수 있음을 확인하였다.

Abstract

Over recent decades, concept mapping has been used as a valuable Learning and Teaching tool. A number of studies have shown a positive impact on student learning. One of the disadvantages of this technique has been that assessing them or providing feedback to students is time consuming. We aim here to introduce ways of reducing the complexity of using concept map techniques in online activities. Several types of scoring methods for the concept map based assessment have been developed. In this paper, we describe the development of an automatic assessment system that implements those techniques. We contribute a design that uses semantic web technologies for both the management and the scoring of the concept maps.

▶ Keyword : 개념도(Concept Map), 시멘틱웹(Semantic Web), 학습평가(Learning Assessment), 개념도 점수화(Concept Map Scoring)

• 제1저자 : 박옹규

• 투고일 : 2009. 05. 25, 심사일 : 2009. 05. 29, 게재확정일 : 2009. 06. 08.

* 서원대학교 컴퓨터공학과 교수

1. 서론

개념도(concept map)는 어떤 주제 영역에서의 지식을 조직화하여 도표 형태의 그림으로 표현하는 방식이다. 하나의 개념도는 노드(또는 개념), 연결선(하나의 노드 쌍 사이에 연결되는 단방향 화살표), 연결 문구(두 개의 개념이 어떻게 연관되어 있는지를 나타내는 문장)로 구성된다[4, 7, 10]. 일반적으로 개념도에서 노드들은 아래로 분기하여 연결되는 계층적인 구조로 구성된다. 개념도에서 링크(link)는 연결 문구를 갖는 연결선을 의미한다. 하나의 개념-링크-개념(concept-link-concept) 트리플(triple)은 개념도에서 의미 전달의 기본적인 단위로서 어떤 객체 또는 사건에 관한 의미를 담고 있는 문장인 하나의 명제(proposition)를 형성한다.

그림 1은 개념도의 창시자인 Novak의 문헌 [7]에서 소개한 과학 분야의 계층적 구조를 갖는 개념도 예를 보인다. 그림에서 노드(개념)는 타원으로 표현되며 연관되는 두 노드는 하나의 연결선에 의하여 연결되어, 개념도가 계층적으로 구성됨을 보이고 있다.

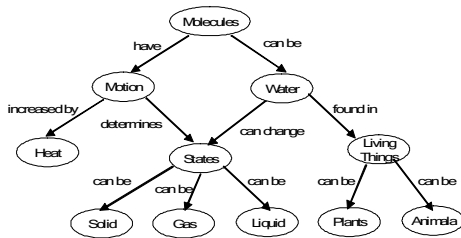


그림 1. 계층적 개념도의 예
Fig. 1. Hierarchical concept map

일반적으로 개념도는 교육 분야에서 지식의 구성, 향해 및 인식을 위한 도구로서 인식되고 있다[1, 15]. 즉, 개념도는 학습자가 어떤 주제 영역에 대하여 이해하고 있는 개념적인 지식을 추출하고 표현하기 위한 수단으로써 사용될 수 있다. 이를 바탕으로 오래전부터 개념도는 선진국 등의 중등 교육 현장에서 학습 평가를 위한 도구로서 활용되고 있다[4]. 개념도를 적용한 평가 사례는 교육학 관련 문헌을 통하여 쉽게 확인할 수 있으며, 주로 과학 교과목 수업에 널리 적용되고 있다[4-8]. 교사는 수업 중 또는 수업 직후에 학생으로 하여금 개념도를 작성하게 하여 학생의 수업 이해도를 측정하거나, 교과목의 학습 평가 시에 특정 주제 영역에 대한 개념도 작성 문항을 출제하여 학생의 수업 성취도를 평가한다[4-8].

개념도를 학습 평가에 적용하기 위해서는 학생이 작성한 개념도를 객관적으로 평가하는 방법의 고안이 필요하며, 교육학 분야에서의 많은 연구의 결과로 다수의 개념도 점수 부여 방법들이 개발되었다[2, 4, 6, 8-10]. 이들 기존의 개념도 점수 부여 방법은 주로 개념도의 구조와 요소(component)들을 중심으로 평가한다. 이러한 방법들은 사람(교사 또는 전문가)의 판단을 필요로 하기 때문에 평가를 위해서 많은 시간이 소요되는 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 개념도의 구조적인 요소들을 컴퓨터에 의해서 자동으로 평가하는 방법들이 시도되었다[3, 4, 5]. 그러나 그 연구는 극히 제한적인 개념도 평가 방법만을 적용하려고 시도하였고, 완성된 결과를 제시하지 못해 교육 현장에 적용하기에는 한계가 있는 실정이다.

시맨틱 웹은 기존의 WWW(World Wide Web)를 확장하여, 인터넷 환경에서 소프트웨어 도구들이 주어진 정보를 쉽고 효율적으로 찾아서, 교환하고, 기술할 수 있도록 하는 기능을 지원한다. 이를 위해서 시맨틱 웹은 인터넷상의 모든 자원들에 대한 메타 정보들을 그 의미를 표현할 수 있는 언어로 기술한다[17, 18]. 시맨틱 웹을 대표하는 기술(technology)은 1) 인터넷 상에서 자원의 위치를 나타내는 방법인 URI(Uniform Resource Identifier), 2) 자원에 관계된 정보를 표현하는 표준 언어인 RDF(Resource Description Framework), 3) 자원으로 표현되는 정보들 간의 관계와 특성을 기술하는 수단을 제공하는 표준 언어인 RDFS, OWL 등의 스키마 및 온토로지 표현 언어, 4) 그리고 RDF 데이터와 스키마를 저장하고, 검색하고, 추론하는 기능을 지원하는 Sesame, Jena, SPARQL, SeRQL, RDQL 등과 같은 도구들에 관한 기술 등을 포함한다[11].

RDF와 RDFS는 인터넷 상의 정보 표현을 위하여 개발되었지만, RDF와 RDFS는 어떤 주제 영역에서 지식을 구성하고 나타낼 수 있는 충분한 표현력을 갖고 있다. 또한 최근 시맨틱 웹 기술은 지식정보 관리 응용을 구현하기 위하여 필요한 정보 표현 및 질의 언어, 편집 도구, 저장 및 개발 도구 등 편리하고 효율적인 환경을 제공한다.

본 논문에서는 이러한 시맨틱 웹 기술의 장점을 활용하여 자동화된 개념도 평가시스템을 구현한다. 이를 위하여 먼저 개념도를 RDF/RDFS에 기본을 둔 시맨틱 웹 표현으로 변환하는 방법을 제시한다. 그리고 Protege, Sesame, SeRQL과 같은 잘 알려진 시맨틱 웹 개발도구를 활용하여 자동화된 개념도 평가 시스템을 설계하고 구현하는 방법을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 개념도의 특성과 기존의 개념도 평가 방법을 소개하고, 자동화된 평가 시스템 구축을 위하여 개념도 구성 작업(concept mapping task)

의 분류 방법을 제시한다. 3장에서는 시멘틱 웹 표현 방법인 RDF/RDFS를 소개하고 기존의 개념도를 RDF/RDFS 표현으로 변환하는 방법을 제시한다. 4장에서는 시스템 전체 구성에 대하여 소개하고, 5장에서 구현된 자동화된 개념도 평가 시스템의 설계 및 개발 사항을 기술한다. 그리고 마지막으로 6장에서 본 논문의 결론과 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 개념도 평가

1. 개념도 구성 작업 분류

개념도를 사용한 평가 과정은 작업(task), 응답(response), 그리고 점수 부여 시스템(scoring system) 요소들로 구성된다(4). 이와 같은 구성 요소 중 점수 부여 시스템은 학생이 작성한 개념도와 교사가 기대하였던 개념도 사이에 차이점을 정량화하여 평가한다. 작업(task)은 학생에게 개념도를 어떻게 구성할 지를 제시하는 방법에 따라 여러 가지로 분류할 수 있다(8-10). 본 논문에서는 참고문헌 [8]에서 언급한 방법을 기준으로 자동화 점수 부여 가능성 관점에서 개념도 구성 작업을 fill-in-the-map, construct-a-map 방법으로 분류한다.

Fill-in-the-map 방법은 학생에게 일부 빈 칸으로 제공되는 개념과 연결 문구(linking phrase)를 포함하는 미리 작성된 미완성 개념도를 주고, 주어진 개념도에서 빈 칸을 채워서 개념도를 완성하는 기법이다. Construct-a-map 방법에서는 학생들이 개념도를 처음부터 끝까지 개념도의 구조에 대한 사전 지식의 제공 없이 완성하도록 하는 기법이다. 또한 이와 같은 두 방법들 모두 학생은 미리 선택되어 제시되는 개념 리스트(selected node list라 부름) 혹은 연결 문구 리스트(selected link list라 부름)를 제공 받거나, 제공 받지 않을 수 있다. 이와 같이 우리는 자동 점수 부여를 위한 개념도 작성 작업을 그림 2에서와 같이 4가지 F_SL, F_NSL, C_SL, 그리고 C_NSL 종류로 분류할 수 있다.

		Task Constraints	
		Given List	No List
Task Demands	Fill-in-the-map	Fill-in-the-map with a selected node/link list (F_SL)	Fill-in-the-map with created nodes/links (F_NSL)
	Construct-a-map	Construct-a-map with a selected node/link list (C_SL)	Construct-a-map with created nodes/links (C_NSL)

그림 2. 자동 점수 부여를 위한 개념도 구성 작업의 분류
Fig. 2. Classification of concept mapping tasks for automatic scoring

2. 기존 개념도 점수 부여 시스템

점수 부여 시스템은 학생의 개념도를 정확하고 일관성 있게 평가하는 체계적인 방법을 제공해야한다(8). 그동안의 연구 결과로 점수 부여는 작업의 종류에 따라 다양한 방법이 제시되었다(2-10).

이러한 방법들은 다음과 같이 크게 3가지로 분류할 수 있다(4, 8). 학생의 개념도를 채점하는 첫 번째 방법은 개념도의 각 구성요소(component)들을 기준으로 평가하는 방법이다. 이 방법은 개념도의 구성요소인 노드, 명제(proposition), 계층의 단계(hierarchy level), 구체적인 예제 등이 전체 개념도에 나타나는 횟수를 구하여 평가한다(4, 7). 두 번째 방법은 기준 개념도(criterion map)를 이용하여 학생의 개념도와 비교하여 평가하는 방법이다. 이 방법에서 기준 개념도는 교사 또는 관련 전문가에 의해서 작성된다. 또한 점수는 두 개념도 사이에 일치되는(matched) 노드와 명제(proposition)의 숫자(3, 4, 5, 8) 또는 두 개념도 사이에 그래픽 유사도 측정값(graphical similarity measure)에(2, 3, 6) 의해서 계산된다. 세 번째 방법은 위의 두 가지 방법을 적절하게 결합하여 평가하는 것이다(4, 8, 9, 10). 이 방법의 한 예는 교사에 의해서 중요한 것으로 간주되는 어떤 구성요소(노드, 명제)들에게 가중치를 부여하여 기준 개념도와 학생 개념도를 부분적으로 비교하고 구성요소 기반 방법과 적절하게 결합하여 평가하는 것이다(4, 8).

3. 기존 자동 점수 부여 시스템

자동 점수 부여와 관련된 기존의 연구는 매우 미비한 실정이다. 기존 연구는 주로 그림 2에서 분류한 selected list가 제시되는 construct-a-map(C_SL) 작업 형태를 대상으로 제한된 형태의 점수 부여 방식을 도입하였다(3, 5).

단계 1: 기준/학생 개념도의 각 노드에 대하여 이웃하는 노드 리스트를 구함
단계 2: 두 개념도에 공통으로 존재하는 각 노드에 대한 이웃 유사도를 계산하기 위하여, 다음 과정을 반복하여 수행
단계 2-1: 두 개념도의 이웃 노드 리스트의 교집합과 합집합을 계산
단계 2-2: 이웃 유사도 = (교집합의 원소 수) / (합집합의 원소 수) 계산
단계 3: 그래픽 유사도 측정값은 단계 2에서 구한 각 노드의 이웃 유사도들의 평균값을 계산하여 구함

그림 3. 그래픽 유사도 측정값 계산 알고리즘
Fig. 3. Algorithm for calculating the graphical similarity measure

[3]에서는 C_SL 작업을 대상으로 기준 개념도에 나와 있는 명제가 학생의 개념도에 존재하는 지를 검색하는 명제 매칭(propositional matching) 방식과, [2]에서 제안된 두 개념도 사이의 그래프 유사도 측정값(graphical similarity measure)을 구하는 방식을 제안하였다. [2]에서 제안된 그래프 유사도 측정값을 구하는 알고리즘은 그림 3과 같으며, 그 값은 0과 1사이의 값을 갖는다. 만약 그 값이 1에 가까우면 학생 개념도와 기준 개념도는 구조적으로 매우 유사하다고 평가할 수 있으며, 반대로 0에 가까우면 두 개념도는 거의 일치하지 않는다고 평가할 수 있다.

[5]에서는 C-TOOLS라는 개념도 평가 도구를 개발하였다. 이 도구에서는 selected node list가 제시되는 C_SL 작업을 지원하며, 전문가에 의해 구축된 라이브러리를 이용하여 점수 부여 방식이 아닌 학생 개념도에 있는 명제의 유효성에 대한 피드백만을 제공한다.

이와 같이 기존의 연구는 매우 제한된 범위의 평가 방법을 도입하였고, 교사 입장에서의 평가 방법 선택이 불가능하며, 미완성된 시스템 구축 환경을 제시하여 실제 교육현장에서 적용하기에는 어려운 실정이다.

III. 개념도와 시멘틱 웹 간의 정보 교환

시멘틱 웹 기술을 이용한 개념도 평가를 위해서는, 개념도를 시멘틱 웹 표현 방법으로 변환하는 기법을 개발하는 것이 필요하다. 시멘틱 웹에서는 RDF/RDFS라는 지식 정보를 표현하는 표준 언어가 제시되어있다.

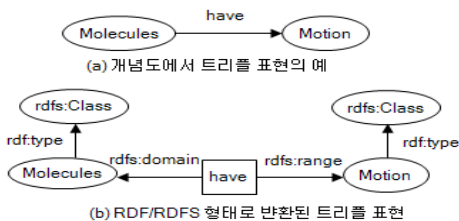


그림 4. 개념도를 RDF/RDFS 형태로 변환한 예
Fig. 4. An example of transformation of triple in concept map into RDF/RDFS form

RDF/RDFS에서 정보는 주어-술어-목적어(subject-predicate-object) 형태의 트리플(triple)들의 집합으로 표현된다. RDF의 트리플 표현에서 술어는 주어의 특성 또는 목적어와의 관계를 표현하는 것으로 이해할 수 있으며, 목적어는 특정 값을 의미한다. RDF의 트리플 표현은 개념도에서 명제를 구성하는 개념-링크-개념 트리플 표현과 매

유 유사한 표현 구조를 갖는다.

개념도의 트리플 표현에 포함된 개념은 주제 도메인의 중요한 또는 일반화된 객체 집합을 의미하므로, 그것은 RDF/RDFS 표현에서 클래스로 대응시킬 수 있다. 이때 개념 사이의 링크는 클래스 사이의 관계를 나타내는 특성으로 변환할 수 있다. 이와 같이, 우리는 개념도 표현을 RDF/RDFS 트리플 표현 형태로 변환할 수 있다. 그림 4는 개념도의 한 트리플을 RDF/RDFS 형태로 변환하는 예를 보인다.

IV. 시스템 전체 구성

본 논문에서는 시멘틱 웹 기술을 적용하여 개념도를 평가하는 방법의 실현 가능성을 검증하고, 향후 개념도 학습 포털 시스템으로 확장하기 위하여 필요한 주요 기능을 지원하는 프로토타입 시스템을 개발하였다. 개발한 시스템은 개념도 DB를 구축 및 검색하고, 사용자의 선택이 가능한 다양한 개념도 평가 방법을 지원한다.

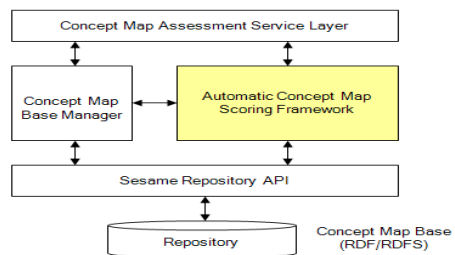


그림 5. 프로토타입 시스템의 전체 구성
Fig. 5. Structural overview of prototype system

그림 5는 구현한 프로토타입 시스템의 전체 구성을 보인다. Sesame는 RDF/RDFS 정보의 저장 및 질의를 위하여 사용되는 공개 소프트웨어로 제공 되는 도구이며[13], RDF 데이터의 의미를 표현하는 RDFS 표현 정보를 이용한 추론 기능을 지원한다. Sesame는 RQL, SeRQL, SPARQL 과 같은 여러 종류의 RDF 질의어를 위한 질의 처리 엔진과 여러 형태의 RDF/RDFS 파일 형식을 지원하는 파서와 출력처리기를 포함하는 RDF I/O 모듈을 탑재하고 있다. 본 논문의 시스템에서는 RDF/RDFS 형태로 변환된 개념도 데이터베이스를 구축하고, 저장소로부터 RDF/RDFS 데이터를 읽거나 검색하기 위하여 Sesame 2를 사용하였다. 개념도 베이스 매니저(concept map base manager)는 개념도 파일을 읽고, 저장소를 생성하고, 초기화하고, 연결하는 기능을 수행한다. 자동 개념도 점수 부여 프레임워크(automatic concept map scoring framework)는 프로토타입 시스템의 핵심 모

들로 다음 장에서 기술하는 자동 점수 부여를 위한 여러 API 함수들로 구성된다. 그림 5에서 개념도 평가 서비스 계층 (concept map assessment service layer)은 개념도 평가를 위한 메인 프로그램으로 구성된다.

시스템은 Eclipse SDK 3.2.2를 사용하여 Java 언어를 이용하여 구현하였고, 실행을 위하여 Java 5 이상의 실행 환경이 필요하다.

V. 자동 개념도 점수 부여 프레임워크

이 장에서는 개발한 프로토타입 시스템의 핵심 모듈인 자동 개념도 점수 부여 프레임워크의 구현 및 시험평가에 관한 사항을 기술한다.

1. 개발 목표

제안하는 자동 개념도 점수 부여 프레임워크의 구현 목표는 다음과 같다.

- RDF/RDFS 형태로 변환된 개념도를 위한 자동 점수 부여 시스템을 개발한다.
- 향후 컴퓨터로 구현 가능한 주요 개념도 작성 작업과 연동될 수 있도록 유연한 환경을 지원한다.
- 자동화 가능한 점수 부여 방법들을 개발한다.
- 교사가 교육 환경에 적합한 점수 평가 기준을 제시할 수 있도록 평가 요소의 가중치 부여가 가능한 융통성 있는 채점 환경을 제공한다.
- 교육 현장에서 개념도를 적용하는 응용 시스템의 개발을 지원하는 쉽고 편리한 API 함수를 지원한다.
- 개념도 베이스를 구축하고 의미 검색을 위한 SeRQL 질의 수행을 위하여 오픈 소스인 Sesame 2 환경을 이용하여 개발한다.

2. 점수 부여 방법

개념도 평가를 위한 다양한 점수 부여 방법이 교육학 분야에서 개발되고 있다[4, 8]. 그러나 이와 같은 평가를 위한 척도와 방법은 교사의 선호도, 주제 도메인의 성격, 교수-학습 방법, 개념도 작성 작업의 종류 등에 의존적이기 때문에, 일반적인 교육 환경에서의 개념도 평가를 위하여 전반적으로 적용할 수 있는 우월한 방법은 존재할 수 없다. 따라서 교사가 유연하게 평가 전략을 결정할 수 있도록 하는 것이 필요하다.

이를 위해 본 논문에서는 기존에 연구된 개념도 점수 부여 방법을 조사하여, 그림 2에서 제시한 개념도 구성 작업의 종류에 따라 자동화 가능한 점수 부여 방법을 선정하고, 이를 구현하였다. 본 연구의 결과 우리는 전문가 혹은 교사에 의해 작성되는 기준 개념도(criterion map)가 자동화 평가를 위해 필요하다는 것을 확인할 수 있었다.

표 1은 4 개의 작업 형태에 대하여 본 논문에서 구현한 점수 부여 방법을 소개한다. 표 1에서 exact matching 방법은

학생 개념도와 기준 개념도 사이에 노드와 링크 요소들이 얼마나 정확하게 대응되는 가를 비교하는 방법이다. 즉 이 방법에서의 평가 점수는 두 개념도 사이에 정확하게 대응되어 일치되는 요소들의 수(count)로 정의한다.

표 1. 개발 시스템에서 제공되는 점수 부여 방법 요약
Table 1. Summary of scoring methods provided in our system

Task Type	Scoring Method	Type of Score
Fill-in-the-map (F_SL, F_NSL)	- Exact matching	Count, Weighted count
Construct-a-map (C_SL, C_NSL)	- Measuring structural similarity	Structural Similarity
	- Exact node matching	Count, Weighted count
	- Exact propositional matching	Count, Weighted count Congruence Saliency

표 1에서 weighted count는 기준 맵의 각 요소들에 가중치 값을 부여하여 대응되는 요소들의 값을 계산한 점수이다. 학생 개념도와 기준 개념도 사이의 구조 유사성(structural similarity)은 [2]에서 제안되고, 연구 [6]에서 개념도 평가를 위하여 효과적인 방법으로 입증된 그래프 유사성 검사 방법을 사용하여 계산하였다. 또한 연구 [8]과 [10]에서 사용한 일치도(congruence)와 정확도(saliency)를 construct-a-map 방법을 위한 평가 점수로 활용할 수 있도록 하였다. 일치도는 기준 개념도의 모든 명제에 대한 유효한 학생 개념도 명제의 비율을 의미하며, 정확도는 학생 개념도의 전체 명제들 중에서 유효한 명제의 비율로 정의된다[8, 10].

3. API 클래스 설계 및 구현

본 논문에서는 개념도 평가를 위하여 표 2에서 표시된 세 개의 JAVA API 클래스를 설계 및 구현하였다.

표 2. 개발 시스템에서 제공하는 API 함수 요약
Table 2. Summary of scoring API provided in our system

Class	Method	Method Description
F_Score	cal_Score()	Calculate a matching score
	cal_Wscore()	Calculate a weighted matching score
	get_Score()	Get the matching score
	get_Wscore()	Get the weighted matching score
C_MatchingScore	cal_Mscore()	Calculate several matching scores
	cal_Wmscore()	Calculate several weighted matching scores
	get_nmScore()	Get a node matching score
	get_pmScore()	Get a propositional matching score
	get_WpmScore()	Get a weighted propositional matching score
	get_congruence()	Get the congruence
	get_saliency()	Get the Saliency
C_Similarity	cal_SimScore()	Calculate a structural similarity
	get_sScore()	Get the structural similarity

표 2에서 F_Score 클래스는 F_SL과 F_NSL 작업을 위한 점수 계산을 위하여 사용된다. C_MatchingScore 클래스는 C_SL과 C_NSL 작업에 대하여 exact matching 방법을 적용하여 점수를 계산하는 메소드를 포함한다. C_Similarity 클래스는 그래프 구조 유사도 값을 측정하기 위하여 사용된다. 표 2의 메소드 이름에서 접두사 'cal'은 주어진 작업 형태에 따라 해당 클래스에 의해서 정의되는 점수 계산 방법을 적용하여 평가 점수를 계산하는 함수이다. 접두사 'get'으로 시작되는 메소드는 클래스에 저장된 평가 점수를 얻어서 사용자에게 반환하는 함수이다. 이와 같이 점수 부여 API들은 개발자가 쉽게 이해하여 이용할 수 있도록 단순화된 인터페이스 환경을 제공한다.

```
public class F_Score {
    static private int numofelement; // selected list의 요소 수
    static private double score; // 개념도 점수 값 저장
    static private double wscore; // 가중치를 고려한 개념도
        // 점수값 저장
    static private ArrayList<String> slist; //학생 개념도에서
        // 추출된 selected list 값 저장
    static private ArrayList<String> tlist; //기준 개념도에서
        // 추출된 selected list 값 저장
    static private ArrayList<Double> wflist; //리스트 각
        // 요소의 가중치 값 저장
    // 표 2의 외부 API 함수(메소드)
    public void cal_Score()
    public void cal_WScore()
    public double get_Score()
    public double get_WScore()
    // 클래스 내부 함수(메소드)
    private void get_InitValue() // 학생 개념도 및 기준
        // 개념도에서 점수 계산을 위한 초기값을 추출하여,
        // 내부변수(numofelement, slist, tlist 등에 저장하는
        // 내부함수로, cal_Score(), cal_WScore()함수에서 호출됨
    private void get_Wflist() // 개념도 저장소에서 가중치
        // 값을 추출하여 wflist 내부 변수에 저장하는 내부 함수
}
```

그림 6. F_Score 클래스 정의
Fig. 6. Definition of F_Score class

표 2에서 표시된 클래스들은 Java 언어와 RDF/RDFS 질의 언어인 SeRQL과 Sesame API 함수들을 이용하여 구현되었다. 그림 6은 표 2의 클래스 중에서 F_Score 클래스의 정의와 구현된 함수(메소드)들의 간략한 설명을 보인다. 그림 6의 메소드 중에서 exact matching 점수를 계산하는 cal_Score() 메소드의 구현 방법은 그림 7에서 소개한다.

표 2의 다른 클래스들도 F_Score 클래스와 유사하게 개념도 점수 계산을 위해 필요한 데이터를 저장하는 변수들과 유사한 이름의 내부 함수들과 표 2에서 정의된 외부함수들로 구성되도록 설계되고 구현되었다.

```
public void cal_Score() {
    Sesame API 함수 이용하여 개념도 DB와 연결 설정;
    SeRQL 질의 수행을 통하여 기준개념도로부터 selected list 정보
    추출(요소의 수, 노드 또는 연결 문구 정보 추출);
    개념도 DB에서 추출된 정보를 Java 리스트 변수 tlist에 차례대로
    저장(Sesame TupleQueryResult 클래스의 hasNext()와 getValue()
    메소드 이용);
    같은 방법으로 학생 개념도로부터 selected list 정보 추출하여, slist에
    저장;
    tlist와 slist에 저장된 정보를 차례로 비교하여 일치하는 숫자 count;
    계산된 점수 값을 내부 변수 score에 저장;
}
```

그림 7. Exact matching 점수 계산 구현 방법
Fig. 7. Method for calculating the exact matching score

4. 시스템 시험 평가

본 논문에서 구현한 프로토타입 시스템의 교육 현장에서의 적용 가능성(feasibility)과 정당성(correctness)을 평가하기 위해 시험 프로그램을 구현하고 실행하였다. 교육 현장과 유사한 상황에서의 평가를 위해 논문 [6]에서 제시했던 작업과 시험 과정 그리고 개념도 샘플들을 이용하여 평가를 수행하였다.

시험 프로그램은 그림 5의 개념도 평가 서비스 계층(concept map assessment service layer)에 구현되었으며, 개발 시스템에 개념도 제작 편집 및 변환 도구가 구현되어 있지 않은 이유로, 샘플 개념도는 공개 소프트웨어로 제공되는 Protege라는 온 토리지 및 RDF 편집 도구를 사용하여 생성하였다[12].

표 3. 평가 결과
Table 3. Evaluation results

Task type	F_SL, F_NSL	C_SL, C_NSL		
		Exact matching	Congruence, Saliency	Structural Similarity
점수 부여 방법	Exact matching	Exact matching	Congruence, Saliency	Structural Similarity
시험 횟수	5	5	5	5
정확도	100 %	100 %	100 %	100 %

시험 프로그램은 표 2의 F_Score, C_MatchingScore, C_Similarity 클래스 별로 별도로 각각의 클래스에 대응하는 시험 프로그램을 구현하여 평가 시스템의 오류 여부 및 평가 정확성을 검증하였다. 표 3에서와 같이 논문 [6]에서 제시한 학생 개념도와 기준 개념도를 이용하여 개발 시스템에서 시험을 수행한 결과를 수작업에 의하여 검증한 결과 100% 정확도를 얻을 수 있었다. 이를 통하여 구현된 시스템이 오류 없이 정확하게 주어진 개념도 평가를 수행할 수 있음을 확인할 수 있었고, 향후 자동화된 개념도 평가 시스템으로 교육 현장

에 적용 가능하다는 것을 입증할 수 있었다.

VI. 결론

현재의 시멘틱 웹 기술은 의미적으로 중요한 데이터들을 표현하고, 저장소에 그 정보를 저장하고, 의미 정보를 사용하여 필요한 정보를 효율적으로 추론하여 검색할 수 있는 방법을 제공한다. 시멘틱 웹은 아직까지 기술적으로 성숙 단계에 있는 분야가 아니지만, W3C를 중심으로 다양한 연구팀에 의해서 질의어, 표준화, 저장 시스템 구조 등 다양한 문제점들에 대한 기술적인 연구가 활발하게 진행되고 있다. 따라서 향후 기존의 웹 환경을 대체할 수 있는 진보된 기술로 인식되고 있다.

개념도는 선진국을 중심으로 교육 현장에서 오래전부터 수업 및 평가에 적용되고 있다. 하지만 자동화된 평가 시스템의 미비로 활용 시에 작업 과정 및 평가를 위해 시간 소모가 큰 수작업에 의존하는 관계로 일선 현장에서의 대중화에 어려움을 겪고 있다.

본 논문에서는 차세대 인터넷 기술로 인식되고 있는 시멘틱 웹 기술의 이점을 활용하여 자동화된 개념도 평가 시스템을 설계 및 구현하였다. 이를 위하여 본 논문에서는 (1) 개념도와 시멘틱 웹 표준 표현(RDF/RDFS) 사이에 정보 변환 방법, (2) 자동화 가능한 개념도 작업 형태의 분류와 각 작업 형태에 적합한 점수 부여 방법, (3) 시멘틱 웹 기술을 활용한 자동화 개념도 평가 시스템의 구현 방법을 제시하였다. 본 논문에서 제시한 평가 시스템은 (1) 다양한 교육 환경에 따라 점수 부여 방법 및 요소를 선택할 수 있도록 하는 융통성 있는 평가 환경을 지원하도록 설계되었으며, (2) 향후 개념도 응용 개발을 위해 편리한 API 클래스를 제공하도록 설계되었다.

향후 연구로는 실제 대학 수업에 적용하여 시스템의 효용성을 입증하고 추가되는 요구 사항을 반영하여 평가 시스템을 개선하는 것과, 구현된 시스템을 기반으로 개념도 응용을 위한 통합 서비스 환경을 지원하는 응용 프로그램을 개발하는 것이 필요하다.

참고문헌

- [1] T. Giouvanakis, G. Frigidis, et al., "Exploiting Concept Mapping in a Semantic Web Environment," Proc. of the Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2005.
- [2] T.E. Goldsmith and D.M. Davenport, "Assessing Structural Similarity of Graphs, In Pathfinder associative networks: Studies in knowledge organization," NJ: Ablex Pub. Corp., pp. 75-87, 1990.
- [3] H.E. Herl, H.F. O'Neil, et al., "Feasibility of an On-line Concept Mapping Construction and Scoring System," 1997 AERA Annual Meeting Report, 1997.
- [4] IHMC, "A Summary of Literature Pertaining to the Use of Concept Mapping Techniques and Technologies for Education and Performance Support", Technical Report submitted to the Chief of Naval Education and Training, 2003.
- [5] D.B Luckie, S.H. Harrison, and D. Ebert-May, "Introduction to C-TOOLS: Concept Mapping Tools for Online Learning," Proc. of the 1st Int. Conference on Concept Mapping, 2004.
- [6] J.R. McClure, B.S. Sonak, and H.K. Suen, "Concept Map Assessment of Classroom Learning: Reliability, Validity, and Logistical Practicality," Journal of Research in Science Teaching, Vol. 36, pp. 475-492, 1999.
- [7] J.D. Novak and D.B. Gowin, "Learning how to learn," Cambridge University Press, 1984.
- [8] M.A. Ruiz-Primo and R.J. Shavelson, "Problems and Issues in the Use of Concept Maps in Science Assessment," Journal of Research in Science Teaching, Vol. 33, pp. 569-600, 1996.
- [9] M.A. Ruiz-Primo, S.E. Schultz, and et al., "Comparison of the Reliability and Validity of Scores from Two Concept-Mapping Techniques," Journal of Research in Science Teaching, Vol. 38, pp. 260-278, 2001.
- [10] Y. Yin, M.A. Ruiz-Primo, and et al., "Comparison of Two Concept-Mapping Techniques: Implications for Scoring, Interpretation, and Use," Journal of Research in Science Teaching, Vol. 42, pp. 166-184, 2005.
- [11] IBMDeveloperworks, <http://www-128.ibm.com/developerworks/web/library/wa-semweb/>
- [12] W3C, <http://www.w3.org/TR/rdf-primer/>
- [13] OPENRDF.org,

<http://www.openrdf.org/doc/sesame2/2.0/users/index.html> 2007.

- [14] Stanford Center for Biomedical Informatics Research, Protégé-OWL Tutorial, BMIR, 2007.
- [15] J.C. Nesbit and O. Adesope, "Learning With Concept and Knowledge Maps: A Meta-Analysis," Review of Educational Research, Vol. 76, No. 3, pp. 413-448, 2006.
- [16] U. Rueda, A. Arruarte, et al., "Evaluating a Concept Map Editor with non-technical students," Proc. of the 8th IEEE ICALT, pp. 405-407, 2008.
- [17] 선복근, 위다현, 한광록, "OWL 온톨로지를 기반으로 하는 논문 검색 시스템에 관한 연구," 제14권, 제2호, 181-190쪽, 2009년 2월.
- [18] 윤보현, 서창호, "시멘틱웹을 위한 효율적인 온톨로지 객체 모델," 한국컴퓨터정보학회논문지, 제11권, 제2호, 7-13쪽, 2006년 5월.

저 자 소 개



박 응 규

1984: 서강대학교 전자공학과 공학사.
1986: 한국과학기술원
전기및전자공학과 공학석사.
1995: 한국과학기술원
전기및전자공학과 공학박사
현 재: 서원대학교컴퓨터공학과 교수
관심분야: 데이터베이스, 시멘틱 웹